

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**Control device for thread machining on numerically controlled machine tools (thread turn offset compensation)**

Patent Number: DE3304644  
Publication date: 1984-08-16  
Inventor(s): REIMANN JUERGEN-ANDREAS (DE); BASILOWSKI HERBERT (DE)  
Applicant(s): SIEMENS AG (DE)  
Requested Patent: DE3304644  
Application Number: DE19833304644 19830210  
Priority Number(s): DE19833304644 19830210  
IPC Classification: B23G3/00  
EC Classification: G05B19/18B5  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

In thread cutting on numerically controlled machine tools, the feed of the workpiece relative to the tool is derived from the speed of rotation of the workpiece and brought into effect at a predetermined angle of rotation. This angle of rotation is subjected to advance compensation by a value which is proportional to the quotient of the contouring error and the thread pitch, with the result that the desired feed and the actual feed

coincide.



---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

01P 60248

82

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 33 04 644 C 2

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
G 05 B 19/18  
B 23 G 3/00

② Aktenzeichen: P 33 04 644.1-32  
⑦ Anmeldetag: 10. 2. 83  
④ Offenlegungstag: 16. 8. 84  
⑥ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 29. 5. 91

DE 33 04 644 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦ Patentinhaber:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

⑦ Erfinder:  
Basilowski, Herbert, 8521 Spardorf, DE; Reimann,  
Jürgen-Andreas, 8520 Erlangen, DE

⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE 28 21 760 A1

⑤ Steuereinrichtung für das Gewindebearbeiten auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen  
(Gewindegangversatz-Kompensation)

DE 33 04 644 C 2

BEST AVAILABLE COPY

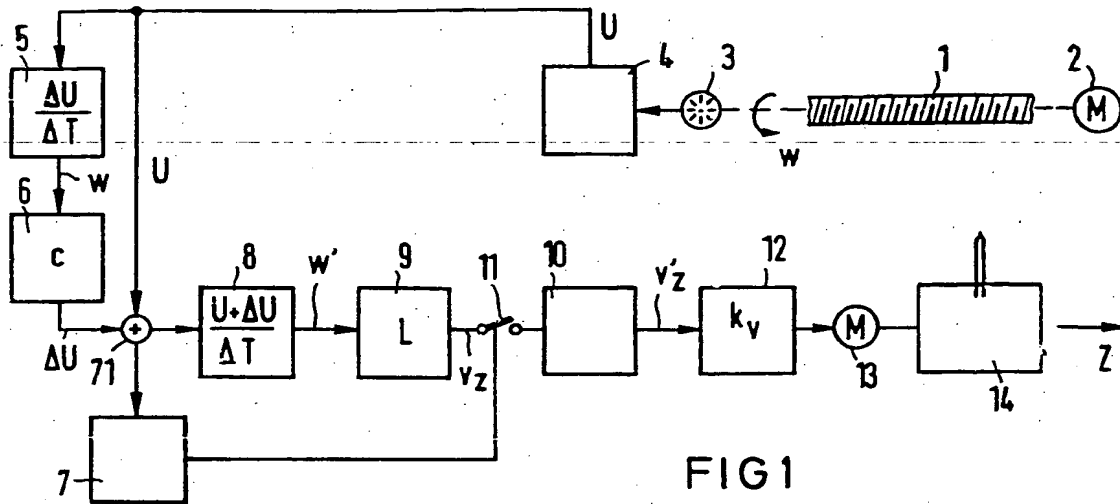


FIG 1

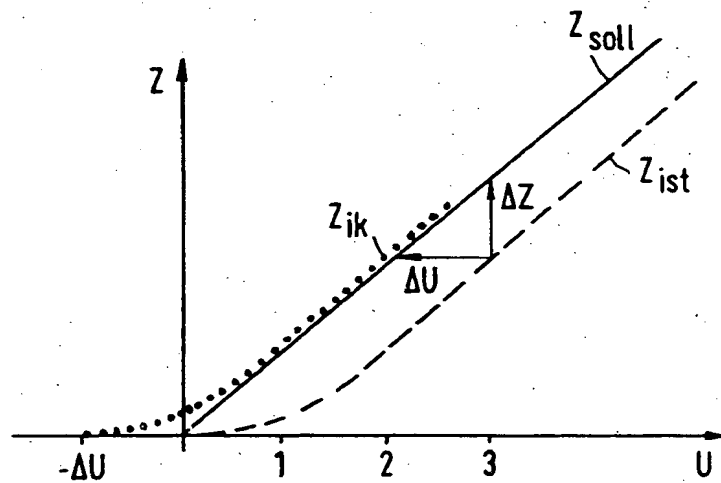


FIG 2

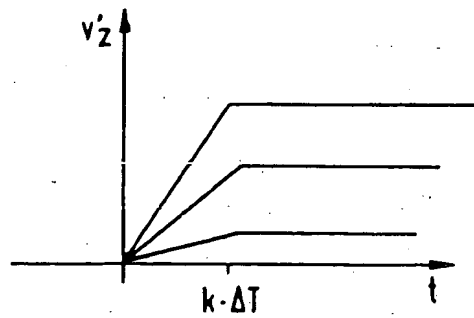


FIG 3

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Steuereinrichtung für das Gewindebearbeiten auf numerisch gesteuerten (NC-)Werkzeugmaschinen, bei der ein von einer zeitlichen Drehwinkeländerung des Werkstückes abhängiger Relativvorschub von Werkzeug zu Werkstück bei einem vorgegebenen Drehwinkel des Werkstückes durch einen Vorschubregelkreis wirksam gemacht ist.

Aus der DE 28 21 760 A1 ist eine Vorrichtung zur Herstellung von Drehteilen, insbesondere Gewindedrehteilen bekannt, bei der ein Folgefehler aus der Differenz zwischen einem ersten und einem zweiten Geschwindigkeitssignal bestimmt wird. Aufgrund des ermittelten Folgefehlers wird ein Werkzeug dann entlang seiner Bewegungsachse versetzt, und erst nachdem das Werkzeug seinen neuen Startpunkt erreicht hat, kann ein neuer Bearbeitungsvorgang eingeleitet werden. Die Bestimmung des Folgefehlers und das darauffolgende Anfahren des neuen Startpunktes ist sehr zeitaufwendig. Bei sehr großen Gewindesteigungen und/oder hoher Drehzahl kann der Folgefehler sehr groß werden, so daß eine Versetzung des Werkzeugschlittens vom Platzbedarf her problematisch werden kann.

Beim Schneiden von Gewinden gibt ein mit der Hauptspindel gekuppelter Geber, d. h. ein Geber, der synchron zur Werkstückdrehzahl läuft, die Zuordnung zwischen Spindeldrehzahl und Vorschub von Werkzeug zu Werkstück. Über einen Interpolator kann dann entsprechend der programmierten Gewindesteigung die Vorschubgeschwindigkeit für die jeweilige Achse errechnet werden. Damit man Gewinde in mehreren Schnitten fertigen kann, beginnt der Vorschubstart bei jedem Schnitt ab der gleichen Winkelstellung des Werkstückes, die normalerweise von der Nullstellung des Gebers abgeleitet wird. Zum Schneiden mehrgängiger Gewinde kann die Startstellung mit Hilfe eines Zählers zur Gebernulldstellung verschoben sein. Bei dieser bekannten Lösung müßten die Schnitte mit gleicher Geschwindigkeit, d. h. Spindeldrehzahl, ausgeführt werden, um unterschiedlichen Schleppabstand beim Schnitt zu vermeiden. Durch einen derartigen, unterschiedlichen Schleppabstand würde der Gewindegang versetzt werden.

Ein Versatz des Gewindeganges tritt auf und wirkt in folgenden Fällen störend:

- Beim Schrappen und Schlichten mit unterschiedlicher Spindeldrehzahl. Das Schrappen mit niedrigerer Drehzahl als beim Schlichten würde eine Leistungssteigerung durch stärkere Spanabnahme ermöglichen. Teilweise wird bereits der Gewindegangversatz befehlsmäßig vom Programmierer kompensiert, indem er die Startposition der Achse verlagert. Dies erfordert jedoch eine auf die Maschine zugeschnittene Programmierung, da der Versatz je Maschine unterschiedlich groß sein kann. Ferner ist für diesen Versatz nicht immer ausreichender Platz vorhanden, und zwar bedingt durch das Werkstück selbst oder durch den verfügbaren Maschinenfahrweg.

- Beim Finden des Gewindeganges für das Schneiden vorgeformter Gewinde.

Das Abgleichen der Achse auf den gefundenen Gang wird möglichst bei Spindelstillstand oder bei Schleichdrehzahl vorgenommen, also abweichend von der erforderlichen Arbeitsdrehzahl.

- Beim Bohren von Gewinden mit Gewindebohrern mit nur kurzem Längenausgleichsfutter. Bei Drehzahlreversierung tritt ein Gangversatz vom doppelten Schleppabstand auf, der vom Längenausgleichsfutter aufgenommen werden muß. Da die Länge des Ausgleichsfutters begrenzt ist, müssen manchmal nachteilige Kompromisse bei der Drehzahlwahl getroffen werden.

Darüber hinaus bestehen Wünsche, Gewinde auch ganz ohne Ausgleichsfutter bohren zu können, was mit der bisher üblichen Lösung wegen des Gangversatzes um den doppelten Schleppabstand nicht möglich ist.

- Bei Temperaturgang der Spindeldrehzahl, wenn das Gewinde weder in Längsrichtung noch in Drehwinkelrichtung einen Versatz aufweisen darf, z. B., wenn das Gewindeende eines Längsgewindes einen definierten Auslauf in bezug auf eine Werkstückschulter haben muß.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht demgemäß darin, eine Einrichtung der eingangs genannten Art so auszubilden, daß auch bei unterschiedlichen Spindeldrehzahlen Gewinde ohne Versatz gefertigt werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß jeweils zum augenblicklichen Drehwinkel ein Kompensationswert addiert wird, der einem jeweiligen Quotienten aus dem beim augenblicklichen Drehwinkel vorliegenden Schleppfehler des Vorschubantriebs und einer Gewindesteigung proportional ist. Hierbei kann der Kompensationswert aus der Kreisverstärkung des Vorschubregelkreises, vorgegebenen Beschleunigungskennlinien und der Drehzahl des Werkstücks errechnet werden. Auf diese Weise ergibt sich eine derartige Kompensation auch bei unterschiedlichen Spindeldrehzahlen, daß im interessierenden Bereich die tatsächlich in Abhängigkeit vom Drehwinkel zurückgelegte Wegstrecke dem Sollvorschub in Abhängigkeit von der Spindelbewegung entspricht.

Anhand einer Zeichnung sei die Erfindung näher erläutert; es zeigt

Fig. 1 das Prinzipschaltbild der Steuereinrichtung,

Fig. 2 die Verhältnisse zwischen Schleppabstand des Vorschubs und Drehwinkel und

Fig. 3 Beschleunigungskennlinien in Abhängigkeit von der Zeit.

Von einem Motor 2 wird über die nicht gezeigte Hauptspindel das Werkstück 1 angetrieben, auf dem ein Gewinde in mehreren Schnitten hergestellt werden soll. Mit der Hauptspindel ist ein digitaler Impulsgeber 3 gekuppelt, der somit, wie durch die gestrichelte Verbindung zum Werkstück 1 angedeutet, synchron zum Werkstück 1 angetrieben wird. Die Pulse dieses Impulsgebers 3 werden in einem Zähler 4 summiert. Der Stand dieses Zählers 4 ist dann ein Maß für den jeweiligen Drehwinkel  $U$ . Die zeitliche Änderung  $\Delta U / \Delta T$  dieses Drehwinkels  $U$ , d. h., ein der Drehzahl  $w$  (= Winkelgeschwindigkeit) des Werkstücks 1 proportionales Signal, kann nach Multiplikation mit der Spindelsteigung  $L$  als Geschwindigkeitsführungsgröße des Lageregel-

DE 33 04 644 C2

kreises des Vorschubes benutzt werden. Diese Lösung ist bei der bekannten Ausführung vorgesehen, wobei das Wirksamwerden dieses Vorschubes durch den Nullstand des Zählers 4 ausgelöst wird, der seinerseits durch die Nullmarke im Impulsgeber 3 auf Null gesetzt wird. Bei einer derartigen Lösung ergibt sich nicht der dem Wert  $Z_{\text{Soll}}$  entsprechende Vorschub in der Z-Achse in Abhängigkeit vom Drehwinkel U, sondern infolge des Schleppfehlers  $\Delta Z$  die gestrichelt gekennzeichnete Kennlinie  $Z_{\text{ist}}$ . Dieser Schleppabstand ist auf zwei Ursachen zurückzuführen: Zum einen auf die Kreisverstärkung  $k_v$  des Lageregelkreises 12 des Vorschubmotors 13 für den Werkzeugschlitten 14 und andererseits auf die Beschleunigungskennlinien, d. h., der zeitlichen Änderung der Geschwindigkeit beim Aufschalten des Vorschubsollwertes.

Bei einer Kreisverstärkung  $k_v$  des geschlossenen Lageregelkreises 12 für den Vorschubantrieb ergibt sich bei der Geschwindigkeit V der Schleppabstand hierzu:

$$\Delta Z_s = V/k_v \quad (1)$$

Da infolge des Gewindes die Beziehung gilt:

$$V = wL \quad (2)$$

d. h.

$$\Delta Z_s = \frac{wL}{k_v} \quad (3)$$

und ferner auch noch die Beziehung

$$\Delta Z = L \cdot U \quad (4)$$

gilt, ergibt sich insgesamt für den Fehler

$$\Delta U_s = \Delta Z/L = w/k_v \quad (5)$$

Nimmt man ferner an, daß ein plötzlich vorgegebener Geschwindigkeitssollwert nicht schlagartig wirksam gemacht wird, sondern nach einer vorgegebenen Funktion, wobei  $\Delta T$  die Abtastzeit ist, wie z. B. in Fig. 3 näher angedeutet, so ergibt sich ein weiterer zusätzlicher Fehler in Z:

$$\Delta Z_B = \frac{1}{2} V k \Delta T = \frac{1}{2} wL k \Delta T \quad (6)$$

Daraus folgt dann der durch die Beschleunigung erzeugte Fehler zu

$$\Delta U_B = \Delta Z_B/L = \frac{1}{2} w k \Delta T \quad (7)$$

Insgesamt gesehen ergibt sich also ein Nachlaufen folgenden Betrages in Z bzw. U:

$$\Delta Z = \Delta U \cdot L = f(w) \quad (8)$$

bei

$$\Delta U = \Delta U_s + \Delta U_B = \left( \frac{1}{k_v} + \frac{1}{2} k \Delta T \right) w = c \cdot w \quad (9)$$

Da der Schleppabstand  $\Delta Z$  eine Funktion der Drehzahl w ist, ist das Schneiden eines Gewindes in mehreren Schnitten mit unterschiedlicher Drehzahl normalerweise nicht möglich.

Erfindungsgemäß wird dies nun dadurch möglich, daß dem Drehwinkel U ein zusätzlicher Winkelwert  $\Delta U$  zugefügt wird und die Summe beider Winkel ausgewertet wird. Zur Erzeugung des Kompensationswertes  $\Delta U$  nach Gleichung (9) wird in einem Rechenglied 5 aus der zeitlichen Änderung des Drehwinkels U die Spindeldrehzahl  $w = \Delta U / \Delta T$  berechnet und mit dem Wert  $c = 1/k_v + 1/2 k \Delta T$  in einem Glied 6 multipliziert, so daß sich am Ausgang dieses Gliedes 6 der Wert  $\Delta U = c \cdot w$  ergibt. Sei z. B. angenommen, daß der Zähler 4 bei einem Winkelstand von 1000 wieder auf 0 spränge, also hier das Nullsignal liefern würde, so käme, wenn z. B.  $\Delta U$  einem Kompensationswert von 30 Pulsen entspräche, bereits an der Summationsstelle 71 ein dem Wert 1000 entsprechendes Nullsignal zustande, obgleich der Zähler 4 selbst erst z. B. auf 970 stünde. Es wird also nicht die feste Nullmarke des Impulsgebers 3 ausgenutzt, sondern eine demgegenüber von der Kreisverstärkung und der Spindeldrehzahl abhängige, um den Wert  $\Delta U$  kompensierte "Nullmarke". Dieses Erkennen des Synchronisierungspunktes veranlaßt eine Auswerteeinrichtung 7, durch Schließen des Schalters 11 den Vorschub des



Lageregelkreises des Vorschubantriebes 13 wirksam zu machen. Der Sollwert für die Geschwindigkeit dieses Vorschubregelkreises wird in der Weise gebildet, daß in einem Glied 8 aus der zeitlichen Änderung des Drehwinkels  $U$  ein der Drehzahl  $w$  der Hauptspindel und damit des Werkstücks 1 proportionales Drehsignal  $w'$  erzeugt wird. Dieses ergibt nach Multiplikation mit der Spindelsteigung  $L$  in einem Glied 9 die erforderliche Vorschubgeschwindigkeit  $v_z$ .

Durch das Regelglied 10 (Fig. 1), das als Beschleunigungskennlinienggeber bezeichnet werden kann, wird eine sprunghafte Änderung der Geschwindigkeit  $v_z$  in eine kontinuierliche Änderung  $v_z'$  überführt. Wie aus Fig. 3 ersichtlich, in der beispielhaft drei Beschleunigungskennlinien angegeben sind, muß die Änderung der Geschwindigkeit in der konstanten Beschleunigungszeit  $k \cdot \Delta T$  erfolgen. Der durch den Beschleunigungskennlinienggeber 10 verursachte zusätzliche Folgefehler ist durch den Faktor  $1/2 \cdot k \cdot \Delta T$  der Gleichung (9) berücksichtigt.

Durch das Wirksammachen des Geschwindigkeitssollwertes  $v_z'$  an einer Stelle, die um  $-\Delta U$  gegenüber derjenigen Winkelposition  $U$  versetzt ist, an der der Sollvorschub bei idealen Verhältnissen beginnen müßte, wird erreicht, daß sich die punktiert gezeichnete kompensierte Istkurve  $Z_{ik}$  einstellt.

Die vorstehend beschriebene Anordnung wird anhand von einzelnen Bausteinen dargestellt; in der Ausführung wird man sich natürlich häufig zur Realisierung der einzelnen Funktionen eines Rechners bedienen, in dem z. B. der zeitliche Abstand der Abfrage aus dem Rechentakt  $\Delta T$  abgeleitet ist.

#### Patentansprüche

1. Steuereinrichtung für das Gewindebearbeiten auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, bei der ein von einer zeitlichen Drehwinkeländerung des Werkstücks abhängiger Relativvorschub von Werkzeug zu Werkstück bei einem vorgegebenen Drehwinkel des Werkstücks durch einen Vorschubregelkreis wirksam gemacht ist, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zum augenblicklichen Drehwinkel ( $U$ ) ein Kompensationswert ( $\Delta U$ ) addiert wird, der einem jeweiligen Quotienten aus dem beim augenblicklichen Drehwinkel ( $U$ ) vorliegenden Schleppfehler ( $\Delta Z$ ) des Vorschubantriebs (12, 13) und einer Gewindesteigung ( $L$ ) proportional ist.
2. Steuereinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kompensationswert ( $\Delta U$ ) aus der Kreisverstärkung ( $k_v$ ) des Vorschubregelkreises (12, 13), den vorgegebenen Beschleunigungskennlinien und der Dehzahl ( $w$ ) des Werkstücks (1) errechnet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**